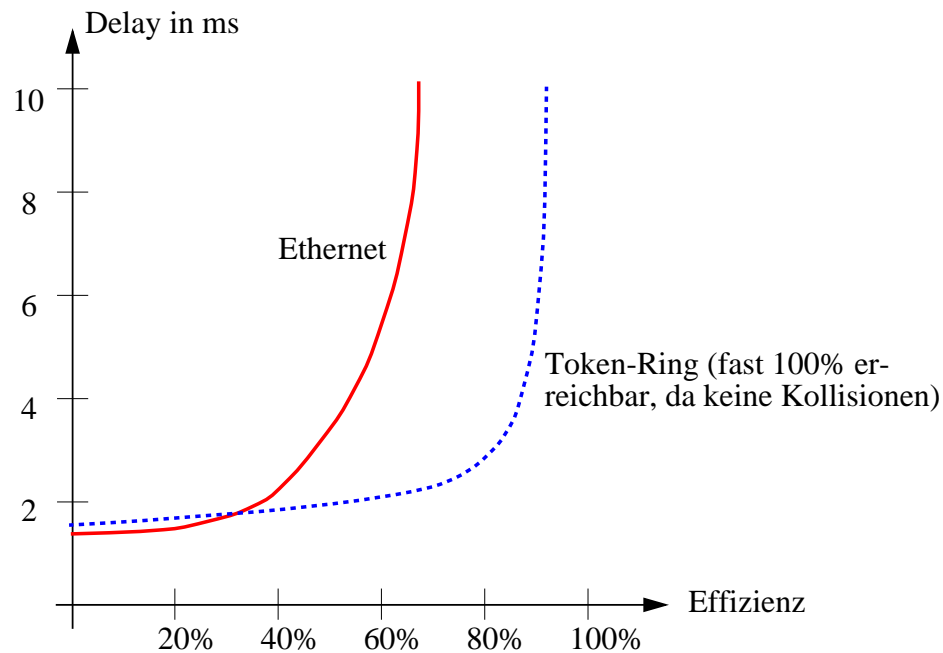


Delay bei Hochlast

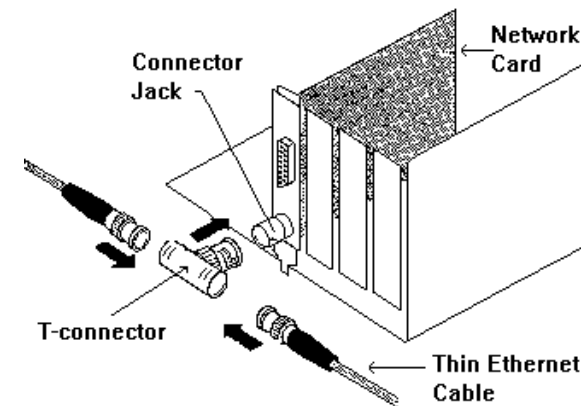


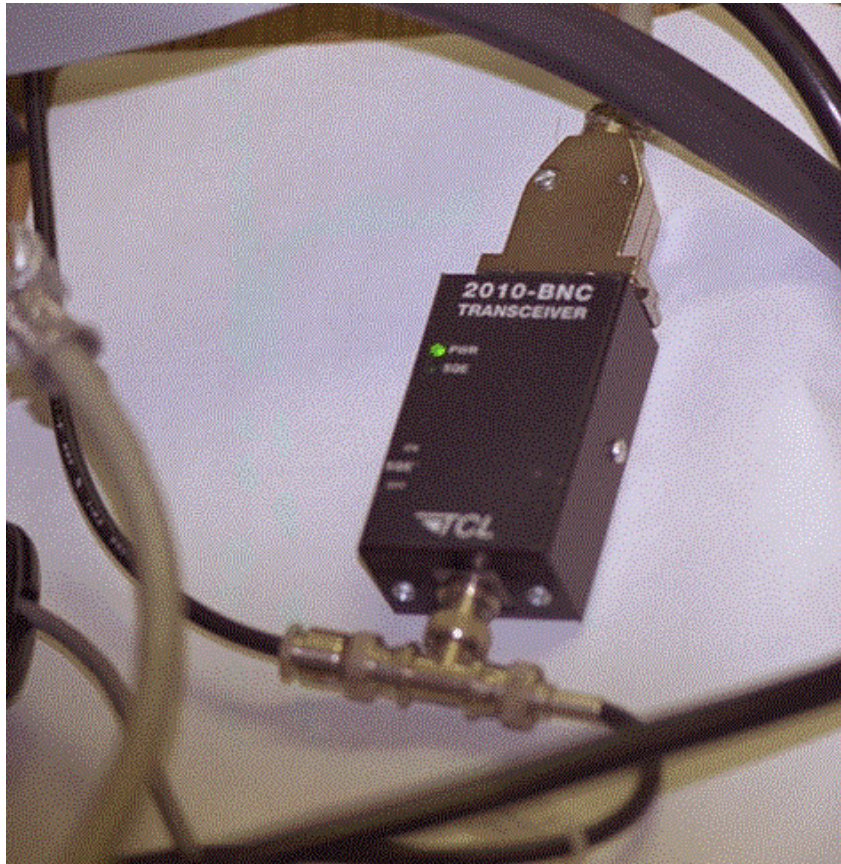
- Bei schwacher Last (< ca. 40% Auslastung) hat Ethernet gegenüber Token-Ring etwas geringere Verzögerung
 - beim Token-Ring muss man auch im "Leerlauf" auf das Token warten
- Oberhalb von 40%-50% sollte ein Ethernet nicht betrieben werden; dann steigt die Verzögerungszeit rasant

Thin-Wire-Ethernet

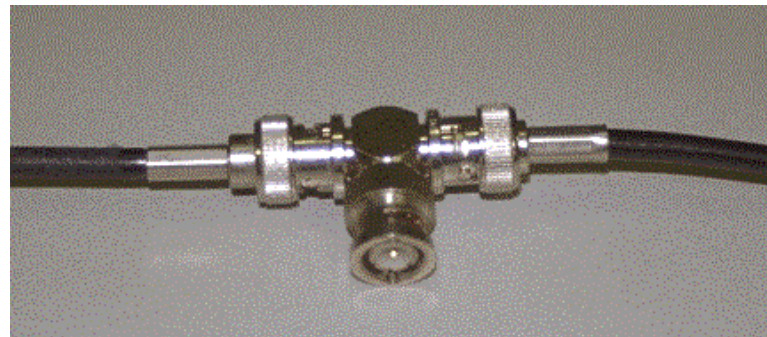
Auch als "Cheapernet" oder "10 Base 2" bezeichnet

- 4.8 mm Koaxkabel statt 10.2 mm
 - einfacher zu verlegen und preiswerter
- Segmentlänge max. 185 m statt 500 m
- Transceiver i.a. direkt auf der Netzkarte
- Anschluss über BNC-T-Stecker direkt am Rechner
 - "daisy-chain"
- Max. 30 Stationen pro Segment





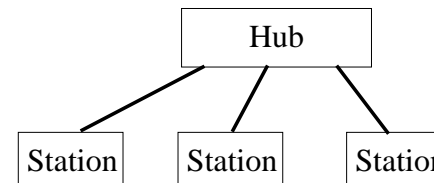
Transceiver mit AUI-Schnittstelle für Thin-Ethernet



Direktanschluss über BNC-T-Stecker bei Thin-Ethernet

10 Base T - Ethernet

- Sternförmig mit twisted pair
 - auch Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen 2 Stationen möglich



- 4-fach UTP, max 100 m
- RJ-45-Konnektor
- Transceiver i.a. direkt auf der Netzadapter-Karte

- Hub ist i.w. ein Multiport-Transceiver (“Konzentrator”)

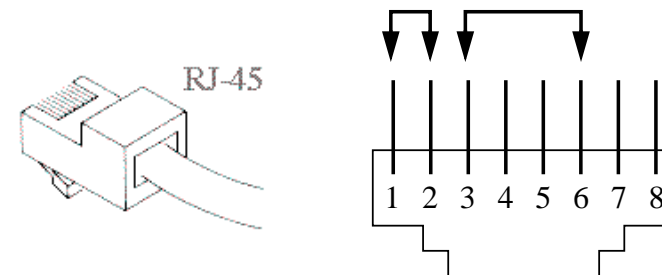
- generiert Kollisionssignal, wenn mehrere Stationen gleichzeitig senden
- statt Multiport-Transceiver oft auch ein “Switch” (--> später)

- Kabelstörungen betreffen i.a. nur eine Station

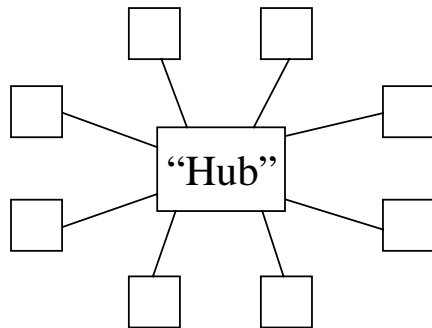
- Hub entfernt im Fehlerfall betroffene Station logisch
- ggf. auch periodischer Test und automatische Reaktivierung

- RJ-45-Anschluss

- bei 10 Base T-Ethernet sind 4 von 8 Anschlüssen benutzt



Hub (“Sternkoppler”)



- “Hub” = Zentrum, “Dreh- und Angelpunkt”... (vgl. auch zentrale Umsteigeflughäfen von Airlines)
- sternförmige Verkabelung (innerhalb einer Etage oder Arbeitsgruppe)

- Diverse Ausprägungen: von einfachen Multiport-Repeatern (“klassischer Hub”) bis zu Switching-Funktionalitäten

- einfache Hubs bilden bei Ethernet i.a. eine einzige “Kollisionsdomäne” (d.h.: physischer Stern, aber logisch ein einziger Bus!)
- oft auch Brückenfunktionalität (Ebene 2) bzw. “Halbbrückenfunktionalität” (Hub kennt die MAC-Adresse des einzigen an einem Port angeschlossenen Gerätes und leitet nur solche Pakete dort hin)
- enthält oft zusätzliche Funktionen für Netz-Management

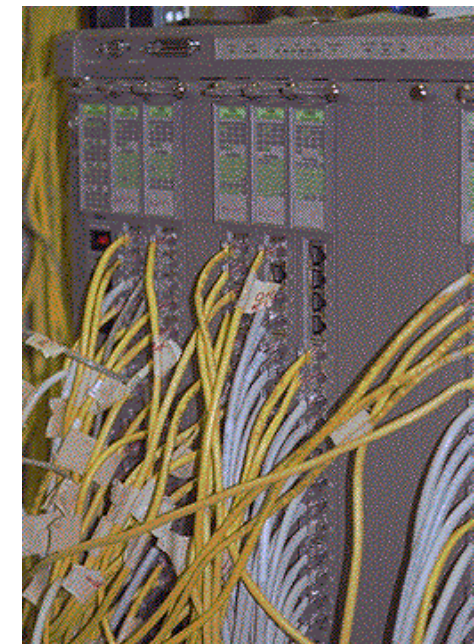
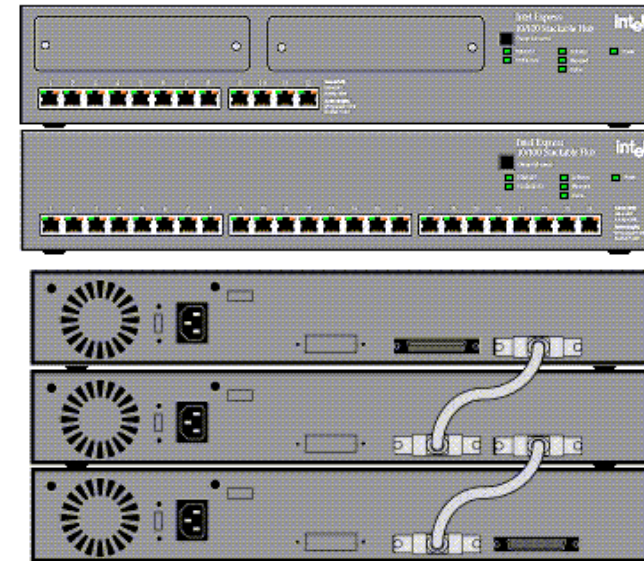
- Konfigurierbar über verschiedene Einschubkarten, z.B.

- einige 10 Mb/s-Ethernet-Ports oder 100 Mb/s-Ethernet-Ports
- “uplink-Anschluss” für ein schnelles Backbone-Netz (z.B. ATM)

- Falls Endgeräte leistungsfähiger werden (z.B. 100 statt 10 Mb/s) i.w. nur einen anderer Hub-Anschluss verwenden

- bzw. Hub mit zusätzlicher Einschubkarte erweitern

Hub-Ansichten



Linkes Bild: Router und Hub im linken Rack; Patchfeld für Lichtwellenleiter im rechten Rack; rechtes Bild: Router und Hub mit Twisted-Pair-Kabeln

The Hub's Manual

Not long ago, the computer network at the offices of American Scientist developed a frustrating problem - turtle-paced file transfers between machines and refusals to print documents, all punctuated by unpredictable periods of normal function. A long diagnosis isolated the problem to a piece of hardware called a **hub**, essentially a connecting device where computers, printers, scanners and so on meet to communicate. While attempting to verify the device's "illness," one of our editors turned to the **hub's manual, which offered one rather useless bit of diagnostic information: The activity light should be flashing randomly.** So I watched the pinhead-size green light flash on and off-blinking in a seemingly erratic pattern. It looked random enough, but then I wondered: *What is random?*

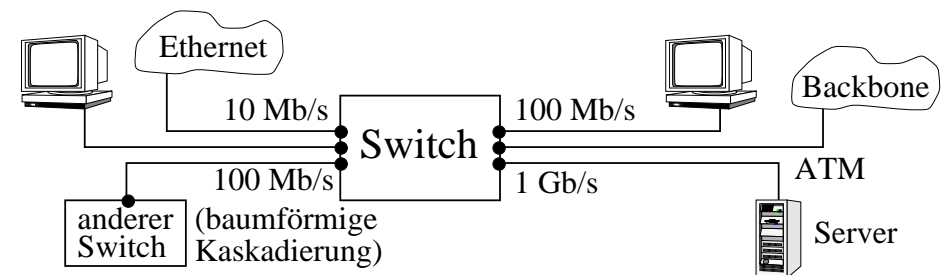
...

<http://www.amsci.org/amsci/issues/Sciobs97/Sciobs97-05Random.html>



LAN-Switching

- Dedizierte Verbindungen zwischen je zwei Ports
 - ähnlich wie das Herstellen einer Telefonverbindung
 - idealerweise mehrere Verbindungen gleichzeitig ohne Beeinflussung
 - Einschränkung von Fehlern auf den Verursacher; ggf. logische Trennung (Deaktivierung) des Ports
 - leistungsfähige Backplane notwendig
 - sternförmige Verkabelung (i.a. twisted pair)



- Ethernet-Switch: simuliert auf jeder Leitung ein eigenes Ethernet (Koppelung wie Bridges auf Ebene 2)

- Endgeräte unverändert (wie im klassischen Ethernet) nutzbar
 - jeweils dediziert volle Bandbreite pro Leitung
 - i.a. voll Duplex; keine "unnötigen" Kollisionen
 - typischerweise 4-32 Slots für Karten mit 8 oder mehr Ports
- } höhere
Gesamtleistung

- Switch i.a. ausbaufähig (verschiedene Einschubkarten)

- andere Protokolle (z.B. ATM)
- höhere Geschwindigkeiten für einzelne Leitungen
- mehr Funktionalität (z.B. Management; Statistiken; Sicherheit)

- Kritische Komponente --> Fehlertoleranz notwendig

- redundante Netzteile, Lüfter...; Austausch im laufenden Betrieb

LAN-Switching (2)

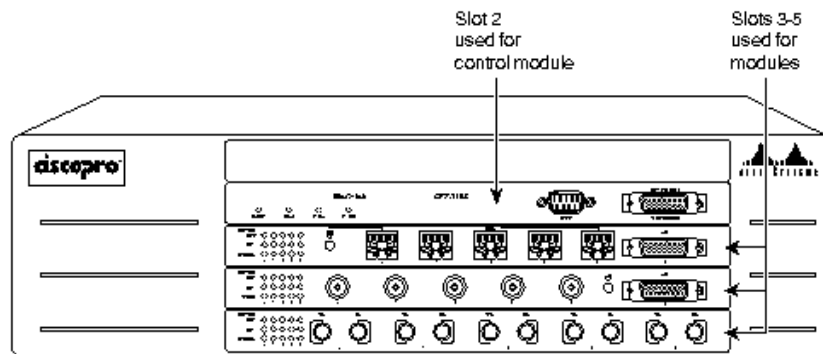
- Weiterleiten der Pakete mit “store and forward” oder “cut through”
- Store and forward:
 - Paket wird erst ganz empfangen
 - dadurch Prüfsumme ermittelbar; fehlerhafte Pakete nicht weiterleiten
- Cut through (bzw. “on the fly bridging”):
 - Weitervermittlung beginnt sofort nach Erkennen der Zieladresse (spart bei 10 Mb/s zwischen 14 μ s und 1.2 ms, je nach Paketlänge)
 - volle Filterfunktionen (z.B. Trigger auf bestimmte Paketinhalte bzgl. bestimmter Bitmuster höherer Protokolle) nicht möglich
 - Kompromiss: Zumindest abwarten, bis Mindestpaketlänge erreicht (damit werden kurze Reste abgebrochener Pakete herausgefiltert)
- Flusskontrolle
 - bei einem belegten Zielport muss ein Paket ggf. (kurz!) gepuffert werden, oder es wird dem Sender ein Kollisionssignal geschickt
 - Puffer pro Eingangsport, pro Zielport, oder pro Pfad (= zugeordnete Eingangs- / Zielports)
 - Staus können sich bei belegtem Zielport ergeben, oder z.B. wenn 100 Mb/s am Eingang auf 10 Mb/s am Ausgang umgesetzt werden muss
 - “nicht blockierend”: eine Verbindung von a nach b blockiert nicht das Weiterleiten von Paketen von c nach d (aufwendiger --> teurer)
- Stapelbare (“stackable”) Switche
 - Koppelung des Busses (“ Backplane”) i.w. identischer Geräte
 - effizienter als Kaskadierung (baumförmige Hintereinanderschaltung)
- Adressauflösung (Zuordnung MAC-Adresse zu Port)
 - ggf. statisch konfiguriert bei einem einzelnen Gerät am Port (Sicherheit!)
 - oder dynamisches Lernverfahren wie bei Brücken

Switch-Ansichten

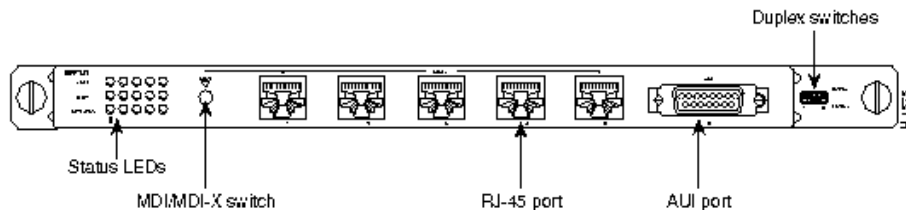


Ein Beispiel: Cisco EtherSwitch CPW2115

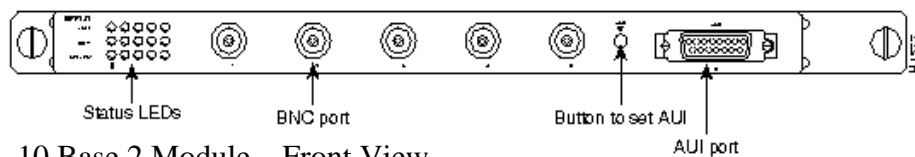
The switch increases network throughput by interconnecting devices via dedicated 10-Mbps ports over multiple media types including 10 Base T, 10 Base 2, and 10 Base FL. Designed specifically for networks built on mixed media, it provides MultiMAC connections between hubs, switches, routers, and servers through its 15-port capacity. It has a modular chassis that accommodates any combination of three 5-port, hot-swappable expansion cards.



CiscoPro EtherSwitch CPW2115---Front View



10 Base T Module---Front View



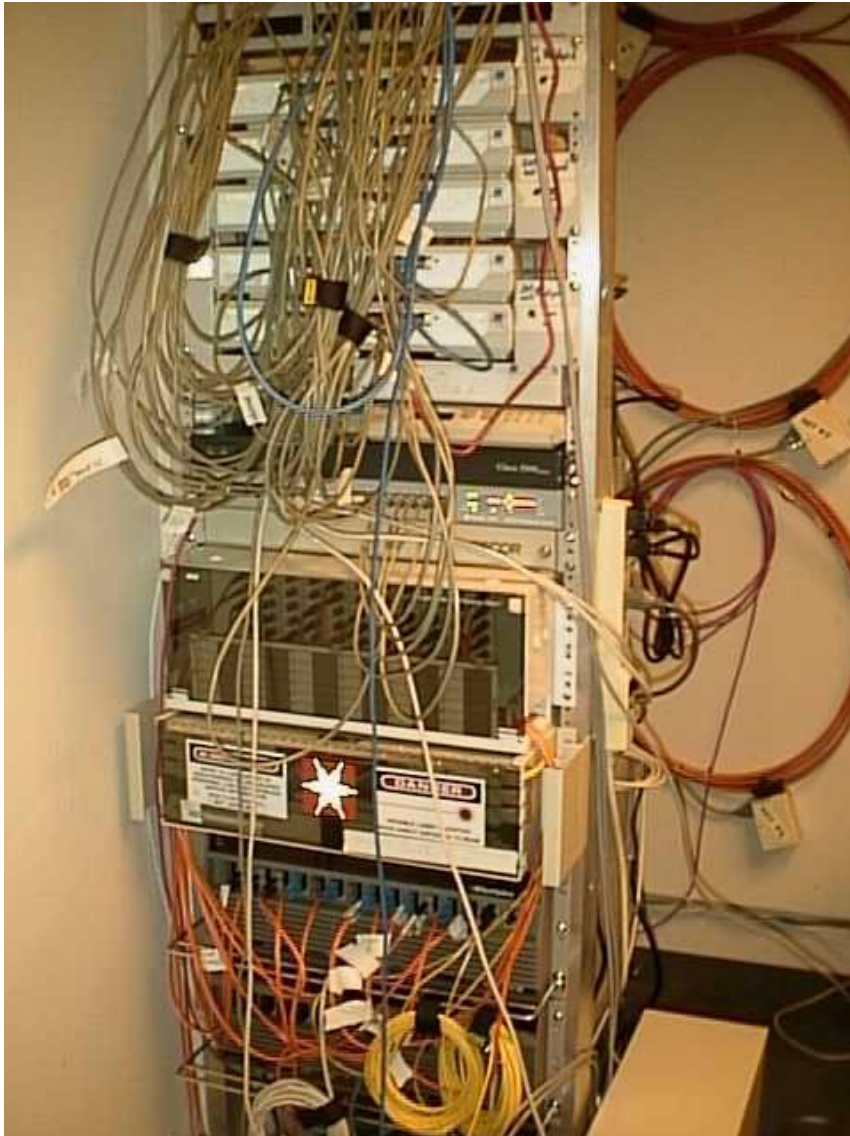
10 Base 2 Module---Front View

Daten zum EtherSwitch CPW2115

- Auszug aus der Produkt-Spezifikation

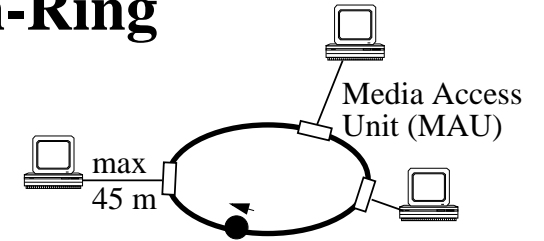
Filter rate	223,200 packets per second
Forward rate	23,200 packets per second
Routing delay	40 microseconds from first bit at input port to first bit at output port
Addresses per port	1,700 active addresses per port
	6,000 addresses per system = 4-MB memory
	10,000 addresses persystem = 8-MB memory
Buffers	256 full-size packets per port
Number of ports	15: any combination of three 5-port modules for 10 Base T, 10 Base 2, or 10 Base FL. On 10 Base T and 10 Base 2 modules, 1 AUI port may be used in place of 1 other port.

Switching Equipment



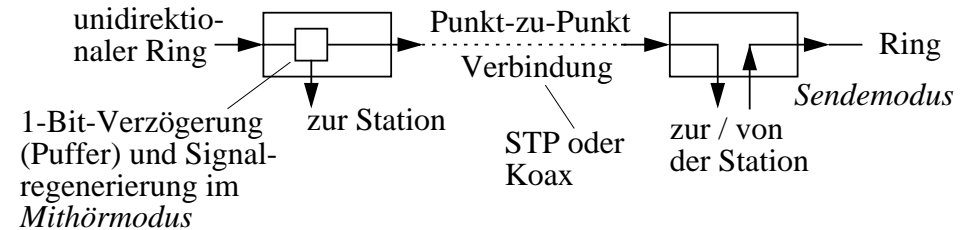
Token-Ring

- Protokoll genormt: IEEE 802.5



- Routing nicht nötig
 - Broadcast möglich
- } Nachricht umrundet Ring ganz

- Sendemodus (max. eine Station) / Mithörmodus



- Freitoken umrundet Ring

- Sendewillige Station:

i.a. ≤ 5000 Byte

- wartet auf Freitoken
- ersetzt Freitoken durch Belegttoken mit angehängter Nachricht
- fügt Empfangsadresse an den Anfang der Nachricht

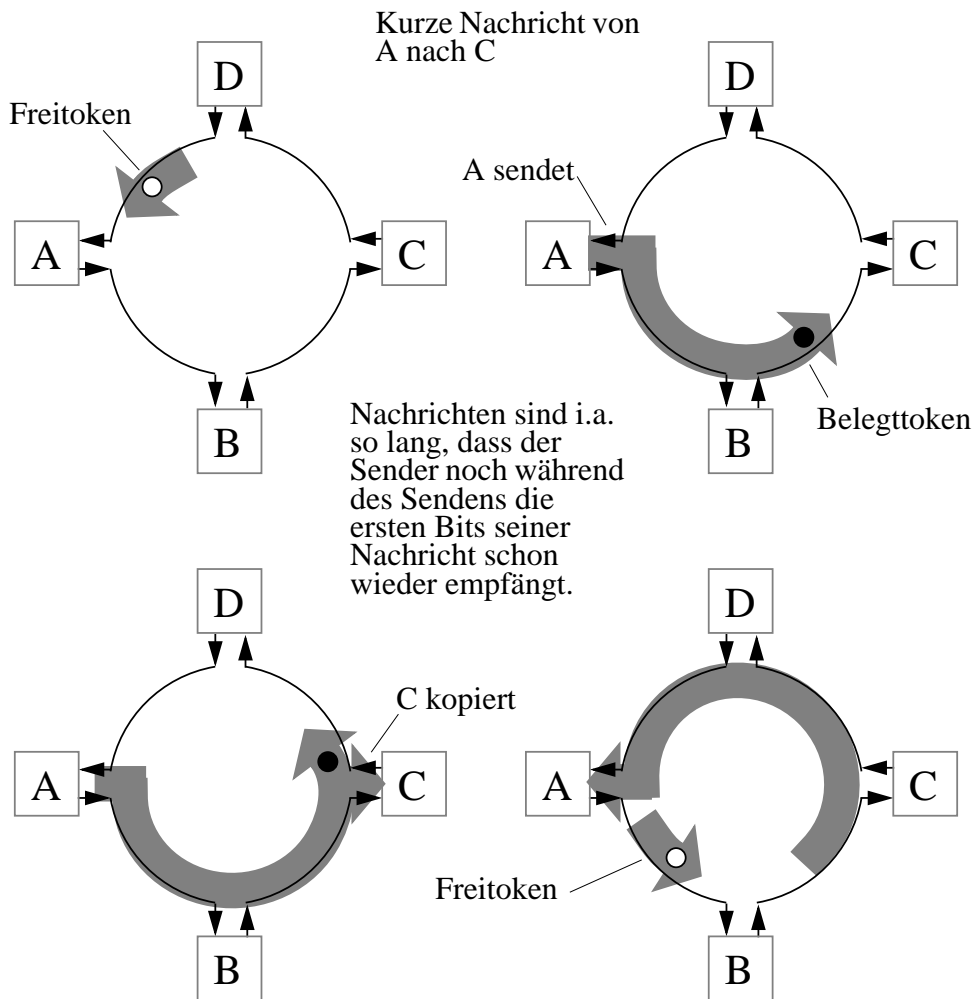
- Nachricht:

- wird vom Empfänger gelesen
- umrundet Ring ein Mal, wird dann vom Sender absorbiert

- Token:

- Belegttoken nach Umrundung vom Sender in Freitoken verwandelt --> zirkulierendes Senderecht
- Timeout für maximale "token holding time" (typw. 10 ms)

Token-Ring: Datenübertragung

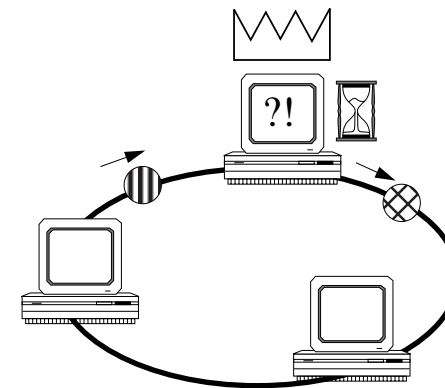


Token-Ring wurde Anfang der 80er-Jahre vom IBM-Forschungslabor in Rüschlikon entwickelt.

Der Monitor

- Eine Station übernimmt die Rolle des *Monitors*
- > Erkennung und Behebung von Fehlersituationen

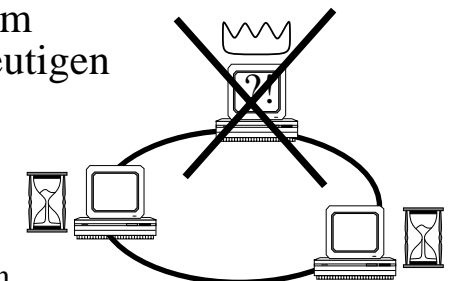
- timeout, um verlorene Token zu erkennen (--> regenerieren)
- stempelt jedes Token, um mehrfaches Zirkulieren zu erkennen
- absorbiert alte Token und fehlerhafte Nachrichtenreste



- *Monitorausfall* wird von anderen Stationen durch einen "grossen" Timeout erkannt (lange weder Token noch "Active Monitor Present"-Nachricht gesehen)

- > Election-Protokoll, um *dezentral* einen eindeutigen Monitor zu wählen

Election-Protokoll wird auch benötigt, damit die Stationen nach "erstmaliger" Konfiguration einen Monitor auswählen



Der Monitor-Election-Algorithmus

- Hier nur das *Prinzip*: In der Praxis komplizierter durch diverse Timeouts, Fehlerbedingungen etc.
- Voraussetzung: alle Prozessidentitäten sind verschieden
- Jeder Prozess mit Identität p hat lokale Variable M

Adresse der Station

- M ist initial 0; am Ende enthält M die Identität des Monitors

Bewerber mit der höchsten Identität

Bei einem Timeout:

```
M := p;
send <M> to next
```

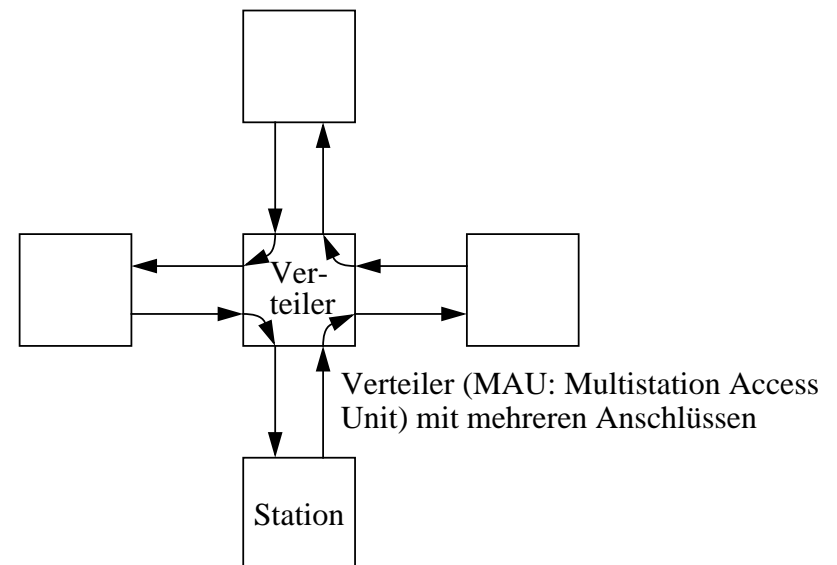
Bei Eintreffen einer Nachricht <j>:

```
if M < j then {Wahl verloren...}
  M := j;
  send <M> to next
fi
if j = p then "Wahl gewonnen!" fi
```

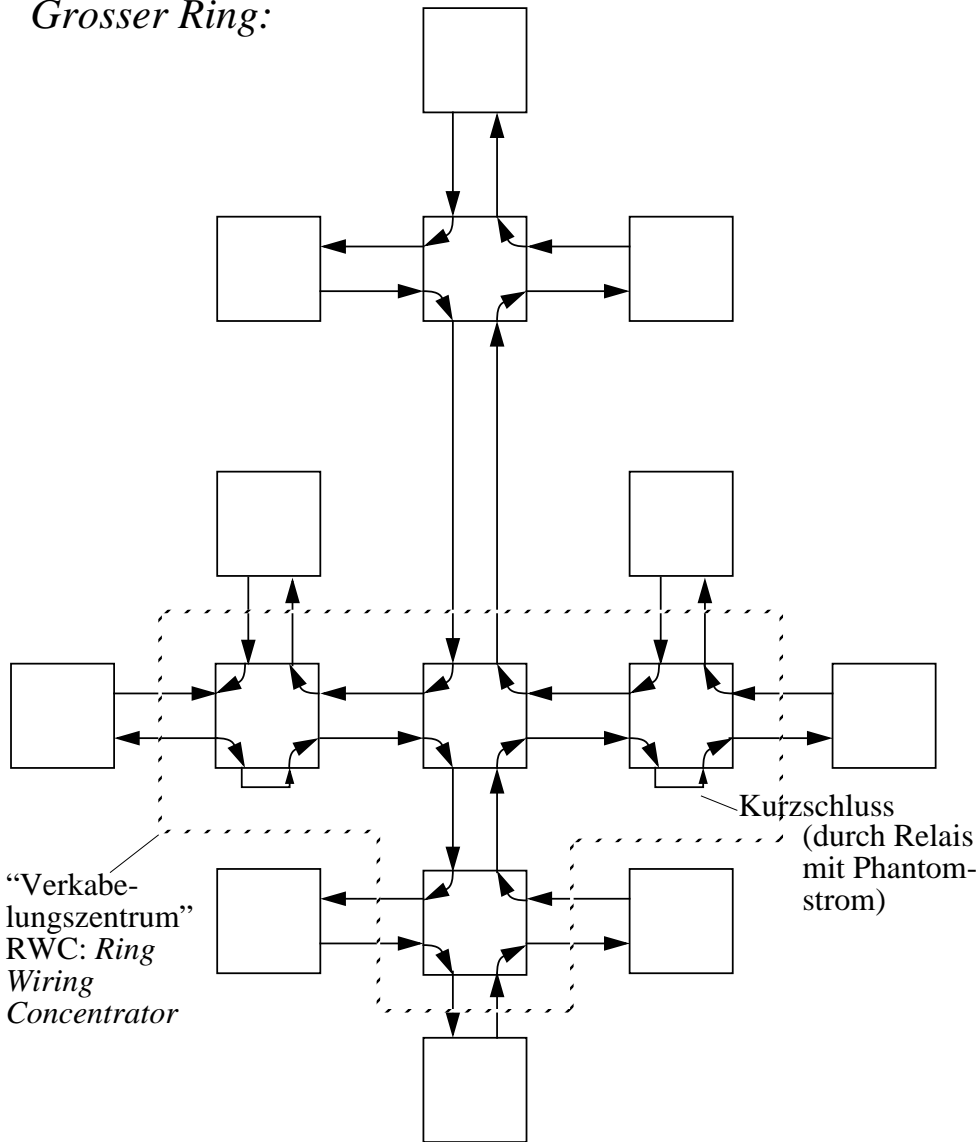
Token-Ring - technische Aspekte

- Bitrate 4 Mb/s bzw. 16 Mb/s
- Differentielle Manchester-Kodierung
- Topologie: logischer Ring / physischer Stern
- Ausbaufähig bis max. 250 Stationen / Ring
(allerdings kaskadierbar)
- 100 Mb/s- und Gigabit-Varianten in der Planung
 - allerdings kein Ring, sondern dedizierte Verbindung zwischen einem Gerät und einem zentralen Switch

Konfiguration aus kleinem Ring:



Grosser Ring:



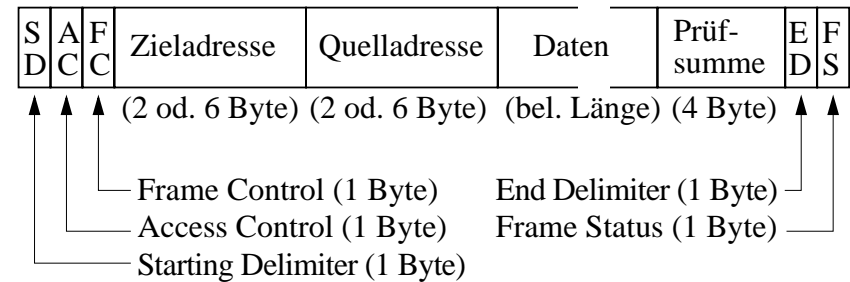
Bypass-Relais in den Anschlusseinheiten geht in den Kurzschluss-Zustand, wenn keine Station angeschlossen ist, eine Station ausgeschaltet wird oder (z.B. durch einen Kabelbruch) eine Anschlussverbindung ausfällt

Token- und Rahmenformat



Token

Datenrahmen



- SD und ED enthalten "illegale" diff. Manchester-Codes
 - dadurch sind Rahmengrenzen in laufendem Bitstrom erkennbar
- AC besteht aus 8 Bits: P P P T M R R R
 - T = 0 <==> Freitoken (sonst Datenrahmen mit impliz. Belegttoken)
 - M für "Stempel" des Monitors (Erkennung alter Datenrahmen)
 - P und R für Prioritäten (hier nicht weiter betrachtet)
- FS enthält zwei Bits 'A' (address recognized) und 'C' (frame copied) --> automatisches Acknowledge
 - A = 0 ==> Empfänger unbekannt (oder abgeschaltet)
 - C = 0 ==> Nachricht wurde vom Empfänger nicht abgenommen (z.B. weil nicht genügend Pufferplatz vorhanden war)
- ED enthält ein Bit, das von einer Station (bzw. Ring-interface) gesetzt wird, wenn ein Fehler festgestellt wird (z.B. fehlerhafte Codierung oder Prüfsumme)
 - gibt dem Empfänger eine zusätzliche Kontrollmöglichkeit

Ring-Management

- Es gibt einige Kontrollnachrichten, die dem Management des Rings dienen
- Diese werden durch bestimmte Bitmuster in einem Kontrollbyte identifiziert, z.B.:
 - *“Claim Token”*: Für Election-Protokoll (Bestimmung eines neuen Monitors)
 - *“Purge”*: Verwendet von neuem Monitor, um Ring zurückzusetzen (alten Token oder Datenframes sind nach Umlauf des Purge entfernt)
 - *“Active Monitor Present”*: Regelmässig vom Monitor ausgesandt
 - *“Duplicate Address Test”*: Von initialisierter Station mit eigener Adresse versandt; nach Umlauf Test, ob eine andere das ‘A’-Bit in FS gesetzt hat
 - *“Beacon”*: Zur Lokalisierung von Ringunterbrechungen
 - *“Standby Monitor Present”*

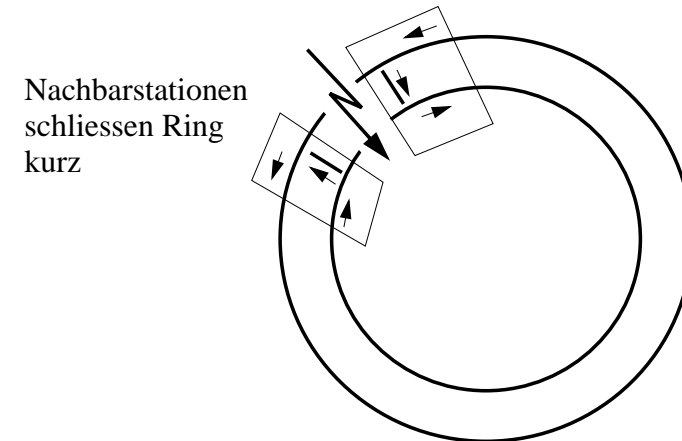
-
- Bei 100 m Umfang, Bitdauer ca. 50 ns, 0.75 c
 ==> Ring enthält ggf. nur ca. 10 Bit (bei abgeschalteten Stationen verschwindet 1-Bit-Verzögerung)

- Token ist aber 24 Bit lang
 - damit Token ganz auf den Ring passt, enthält der Monitor einen “flexiblen” Puffer (24-30 Bit) zur Verzögerung von Datenpaketen

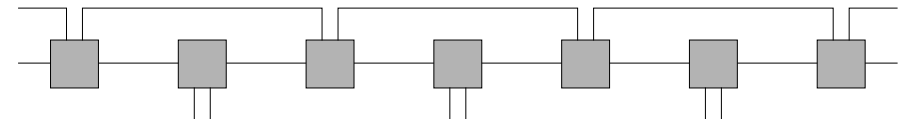
gleichet damit Varianzen in der Umlaufzeit von Nachrichten aus (wg. nicht exakt synchronisierter Uhren der Stationen)

Anfälligkeit von Ringsystemen

- > Elektrischer Bypass im Ringinterface (“Verteiler”)
- > Doppelter Ring (Ersatzleitung) mit “Kurzschluss”



- > “Zopf”: Eine Station ist ausser mit den direkten Nachbarn auch mit den übernächsten Nachbarn verbunden



- > damit kann eine defekte Station ausgeblendet werden

Dilbert



High-Speed LANs

das bedeutet gegenwärtig ca. 100 Mb/s bis 1Gb/s

- Ca. 10 Mb/s war lange Zeit für LANs ausreichend
 - aber: neue Anwendungen (Multimedia, Data Warehousing, Server Backup, grosse Modelle in der Konstruktion und Filmindustrie etc., Realzeit-Audio und Video...) sowie schnellere Maschinen...
 - auch dedizierte 10 Mb/s bei Switches genügen dazu oft nicht mehr
- Mehrere Technologieklassen, z.B.:
 - 1) ATM (= Asynchronous Transfer Mode)
 - WAN-Technik: für LAN-Bereich derzeit i.a. nicht preiswert genug
 - 2) Weiterentwicklungen von Ethernet bzw. Token-Ring
 - Motivation: Haben eine grosse Installationsdichte ==> dieser Nutzergruppe "problemlos" höhere Bandbreite zur Verfügung stellen
 - Entwurfsaspekte:
 - geeignet für gemischte 10 MB/s, 100 MB/s... Netze (z.B. Hub mit verschiedenen Adapterkarten bzw. "Auto-Negotiation")
 - geeignet für unterschiedliche / preiswerte Kabel
 - Paketformate "ähnlich" zu klassischen LANs (--> Software und ggf. teilweise auch Hardware (Bridges etc.) ist weiterhin nutzbar)

Fast-Ethernet (“100 Base X”)

- IEEE-Standard 802.3u (1995)
 - gleiches Paketformat und CSMA/CD-Protokoll wie im klassischen Ethernet (daher “bewährt”, jedoch für Realzeitdaten nur bedingt geeignet)
 - zentraler Hub / Switch (--> Stern / Baum); Bitzeiten 10 ns (100 Mb/s!) statt 100 ns und damit kürzere Verbindungsdistanzen

- Autosensing / Autonegotiation: Erkennen, ob die Gegenseite auch Fast-Ethernet ist, Vollduplex kann etc.
 - Verschicken spezieller Pakete (z.B. alle 16 ms) mit Kontrollinformation

- Verschiedene Varianten:

Kombination mittels Hub / Switch möglich

- *100 Base TX*

- 2 × UTP-5 twisted pair (bei 4 × UTP- --> Vollduplex)
- 100 m Anschlusslänge; RJ-45-Konnektoren
- 4B5B-Kodierung mit 125 MHz, reduziert auf 31.25 MHz durch nachfolgende weitere Kodierung (mit dem MLT-3-Verfahren)
--> genügend Redundanz für Taktrückgewinnung und Blockbegrenzung
- Synchroner Datenübertragung mit einem idle-Muster (ständige Überwachung des Mediums)

- *100 Base T4*

preiswerter als UTP-5; weit verbreitet in USA

- 4 × UTP-3 twisted pair (je ein Kabelpaar pro Richtung; die beiden anderen nach Bedarf geschaltet --> unsymmetrischer Duplexbetrieb)

- *100 Base FX*

- 2 × Multimode-Glasfaser
- bis zu 2 km Anschlusslänge

Vollduplex erfordert *keine Kollisionserkennung* (stets nur ein Sender pro Leitung!)

Gigabit-Ethernet

- Standard IEEE 803.2z seit 1998 für Glasfaser
 - für Kupferkabel (twisted pair) Standard IEEE 803.ab seit Juni 1999 (“1000 Base T” über 4 x UTP-5 parallel)

- Skalierung

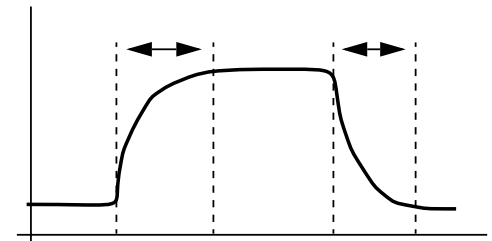
- 1 Gb/s würde bei gleichem Protokoll (Kollisionen!) nur 20 m liefern
- daher kleine Änderungen der MAC-Ebene --> grössere Ausdehnung

- Entwurfsaspekte: Charakteristika des klassischen Ethernets weitgehend beibehalten

- gleiches Rahmenformat
- gleiche min. und max. Rahmengrösse

- Einige Änderungen auf der PHY-Ebene, z.B.:

- kürzere Randflanken bei den Transceivern
- 8B/10B-Kodierung
- spezielle Kontrollzeichen für Jam und für Paketbegrenzungen (statt Präambel bzw. Sendepause am Anfang / Ende)



Gigabit-Ethernet (2)

- Wenige Änderungen auf der MAC-Ebene:
 - “Carrier Extension”: Verlängerung kurzer Rahmen auf mindestens 512 Byte (um bei 200 m Kollisionen erkennen zu können): Konkatination mehrerer kleiner Rahmen oder künstliches Auffüllen
 - Durchsatz bei kleinen Paketen daher kaum grösser als bei 100 Mb/s!
 - “Frame Bursting”: Sender (z.B. Server) wartet nach einem Paket keine 9,6 μ s (entspäche 9600 Bits!), sondern sendet weitere Rahmen sofort, sofern vorhanden (insgesamt maximal jedoch 8192 Byte)
- Pragmatisches:
 - vorrangig mit Vollduplex (keine Kollisionen!) betrieben
 - steht in Konkurrenz zu ATM (typw. 622 Mb/s), vor allem im Backbonebereich (preiswerter, dynamischere Entwicklung)
 - geplant: Nachbildung der “Quality of Service”-Eigenschaft von ATM; z.B. Service-Klassen, indem Paketen eine Priorität gegeben wird, oder RSVP (“Resource Reservation Protocol”)-Unterstützung
 - Problem sind oft noch die zu langsamen aktiven Netzkomponenten
 - Kosten für Netzkomponenten: Faktor 2-3 gegenüber 100 Mb/s
 - Einsatzgebiet zunächst Backbones, switch-to-switch, schnelle Server

FDDI

- “Fiber Distributed Data Interface”
 - Glasfaser; 4B5B-Codierung; 100Mb/s (entspr. 125 MHz)
- Token-Ring (doppelter, gegenläufiger Ring)
 - Primär- und Sekundärring
 - Sekundärring als Backup (optischer Bypass bei Kabelbruch)
 - oft logischer Ring, aber physischer Stern / Baum
 - max. 100km Länge; max 500 Stationen; max. Abstand 2 km
- Protokoll und Rahmenformat ähnlich zu 802.5
 - Token-Ring
 - Datenrahmen max 4500 Bytes lang
- Nutzung i.a. als Backbone-Netz zur Verbindung von Ethernet- oder Token-Ring-Netzen

